

ОБЗОРНЫЕ СТАТЬИ

ӨОЖ 581

А.С. Нурмаханова, С.Ж. Атабаева, С.С. Айдосова, А.Т. Мамурова

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

Ауыр металдармен ластанған жағдайдағы өсімдіктердің қорғаныс механизміндегі полиаминдердің рөліне жалпы шолу

Аңдатпа. Бұл мақалада ауыр металдармен ластанған жағдайдағы өсімдіктерді қорғау механизміндегі полиаминдердің рөліне әдебиеттер қоры бойынша жалпы шолу жасалды. Өсімдіктерде абиотикалық стресс жағдайында физиологиялық белгілерінде біршама өзгерістер болады. Әртүрлі стрестік жағдайлар нәтижесінде өсімдіктерде қорғаныс қызметтері жұмыс жасайды. Осындай қорғаныс қызметін белсендіретін – полиаминдер. Полиаминдер ДНҚ, РНҚ және белоктарды синтездеп, ерітеді және реакцияның қарқынды жүруіне жағдай жасайды. Өсімдіктердегі полиаминдер көптеген физиологиялық процестерге, яғни клетканың бөлінуіне, цитоскелеттің қалыптасуына, тамырдың өсуіне, эмбриогенез және тұқымның пісіп жетілуіне қатысады.

Түйін сөздер: полиаминдер, диамин путресцин, спермидин, спермин, ДНҚ, РНҚ, белок.

Өсімдікке ауыр металдар түскенде, оларда жауап ретінде өсімдік бойындағы тұрақтылықты қолдауға бағытталған әртүрлі қорғаныш жүйелерінің белсенділігі артады. Осындай жауап реакцияларының бірі, азоттық құрамды компоненттерінің өзгерістері соның ішінде полиаминдер болып табылады [1-3].

Кейінгі он жылдықта дүние жүзінің барлық аудандарында климаттың күрт өзгеруінен және экологиялық тұздану, құрғақшылық және ауыр металдар әсерінен топырақ құнарсызданып, мәдени дақылдардың өнім беру қабілетінің төмендеуінен мемлекет көптеген қаражат жұмсап шығындануда [4-5]. Өсімдіктер мен сезімтал организмдер, бүкіл тіршілік кезеңінде көптеген экологиялық стрестерге шалдығады. Өсімдіктің қарқынды дамуына, өнім беру қабілетіне экологиялық стрестер кері әсер етеді [6-9].

Стрессор әсерінен синтезделетін кейбір төмен молекулалы органикалық қосылыстар

аз мөлшерде синтезделеді және ол осмореттеу қызметін атқара алмайды. Алайда олар стресс жағдайында биополимерлер протекторы ретінде маңызды рөл атқарады. Ондай қосылыстарға диамин путресцин және одан түзілетін полиамин спермидин және спермин жатады.

Полиаминдер өсімдіктерде көп тараған. Олар ДНҚ, РНҚ және белоктардың синтезін қарқындандырады. Поликатион ретінде, полиаминдер зарядты биомолекулаларға өте ұқсас, әсіресе, ДНҚ, РНҚ, фосфолипидтер және қышқыл белоктарға, сонымен қоса мембрана компоненттерінің және клетка қабығының анион топтарына ұқсас. Өсімдіктерде полиаминдер көптеген физиологиялық процестерге, атап айтсақ, клетканың бөлінуі, цитоскелеттің қалыптасуы, тамырдың өсуін жеделдету, эмбриогенез және жемістердің пісіп-жетілуіне қатысады.

Полиаминдер құрғақшылық, тұздану, төмен

температура және озон әсерінен туындайтын биомолекулалардың зақымдануынан сақтайды. ДНҚ, РНҚ, рибосома, сонымен қоса, полиаминдер комплексіндегі мембраналардың құрылымын тұрақтандырады.

Осылайша, тұзды жағдайда өскен гликофиттерде судың гомеостазы клетка және өсімдік деңгейінде бұзылады, ол токсикалық әсер етеді, биополимерлерді зақымдайды, өсуін баяулатады.

Полиаминдер биомолекуласының мөлшерден тыс болуы, құрғақшылықтан, тұзданудан, төмен температурадан, және озоннан қорғайды. Полиаминдермен кешенді байланыста болатын ДНҚ, РНҚ, рибосома сондай-ақ мембраналар құрылымдары тұрақтылықты сақтайды. Полиаминдер клеткалық лизистің құрылымының тежелуін және белок синтезі жайындағы нақты ақпараттар береді, стрестік жағдайдың РНҚаз және протеазаның белсенділігі төмендейді.

Полиаминдер клеткалық мембрананы тұрақтандыруда және рН клеткасының гомеостатикалық регуляциясында маңызды рөл атқарады [10]. Соңғы жылдары әртүрлі стрестің туындауынан өсімдіктердегі полиаминдер құрамының өзгеруін зерттеуге көп көңіл бөлінуде. Стрестің типіне, экспозиция уақытына, өсімдіктің түріне байланысты полиаминдер концентрациясының төмендеуі немесе артуы стрестік факторлар әсерінің нәтижесі болып табылады [11].

Полиаминдер-барлық тірі организмдерде болады және төмен молекулалы поликатиондар болып табылады. Путресцин диамин (Путр) және спермидин полиамині (Спд) және сперминдер (Спм), төмен молекулалы алифатикалық аминдер болып табылады.

Путресцин ($\text{NH}_2(\text{CH}_2)_3\text{NH}_2$) спермидиннің ($\text{NH}_2(\text{CH}_2)_3\text{NH}(\text{CH}_2)_4\text{NH}_2$) және сперминнің ($\text{NH}_2(\text{CH}_2)_3\text{NH}(\text{CH}_2)_4\text{NH}(\text{CH}_2)_3\text{NH}_2$) негізін салушы болып табылады. Жоғары сатыдағы өсімдіктердегі путресцинді орнитиндегі орнитин-декарбоксилаза ферментінің (ОДФ) көмегімен синтездейді [11]. Жоғары сатыдағы өсімдіктердегі путресцинді биосинтездеудің альтернативті жолы аргинин-декарбоксилазаны қосып алады. Жануарлар клеткасындағы путресцин тек ОДФ арқылы ғана синтезделеді. Путресцинге аминопропилді топты біртіндеп қосу арқылы спермидин және спермин синтезделеді [12-13].

Полиаминдер поликатион ретінде теріс зарядталған биомолекулалармен әрекеттесу қа-

білеті жоғары болады: мысалы ДНҚ, РНҚ фосфолипидтермен және мембрана компоненттердің және клетка қабықтарының аниондық топтарымен әрекеттесу қабілетін айтуға болады.

Абиотикалық стрестер, яғни осмотикалық шок, тұздану, алюминий және ауыр металдар иондарының әсерінен [14] клеткаішілік деңгейде путресциннің мөлшері көбейеді. Полиаминдердің құрамы алюминийдің әсерінен Са, Mg, Mn, K иондарының кері пропорционалды қатынаста болатындығы анықталды [15]. Клеткалық мембрана және макромолекуланың өзара әсерлесуі үшін полиаминдердің бірегей қасиеттері оң заряд және конформациялық жақындасуды қамтамасыз етеді. Полиаминдер мембранамен теріс зарядталған фосфолипидердің топтарын байланыстырады, сонымен қатар мембраналық өткізгіштікті және тұрақтылықты күшейтеді. Мақалада спермин және спермидиннің физиологиялық концентрациясымен, сондай-ақ лизистегі протопласт клеткаларын тұрақтандыру үшін Са қажет екендігі көрсетілген [3]. Полиаминдер мембрана ферменттерін белсенділігін өзгертіп, ағымына әсер етуі мүмкін. Спермидин және спермин РНҚ және ДНҚ гидролизін ингибирлейтіндігі бақыланды. Осындай күштердің әсері РНҚазаның белсенділігінің төмендеуіне ықпал етеді, яғни полиаминдердің әсері ферментке емес, оның субстратпен байланыстылығына әсер етуі мүмкін деген болжам жасалды [14]. Полиаминдер фосфат топтарымен байланысады, полиаминдердің ядролық агрегаттары деп аталатын (nuclear aggregates of polyamines), циклды молекулалы компоненттер түзеді (cyclic molecular compounds) [16, 17]. Осы молекулалар геномды ДНҚ мен өзара байланысады, оларды нуклеаз әсерінен қорғайды. Олардың қорғаныс әсері жеке полиаминдердің (Путр, Спд, Спм) әсеріне қарағанда, біршама эффективті (қарқынды). Клеткалық қызметтегі полиаминдердің маңызы олардың клеткаішілік деңгейінде тікелей регуляторлы бақылауда байқалады.

Стресс жағдайдағы ұлғайатын РНҚ-азалардың және протеазалардың белсенділігін төмендетіп, полиаминдер белок синтез процесінде ақпараттың нақты тасмалдануына көмектеседі, клеткалық құрылымдардың лизисіне кедергі жасайды.

Өсімдіктер ішінде *Brassicaceae* тұқымдасы гиппераккумуляциялық және металға төзімді

қасиеттерін зерттеу үшін бірден-бір кең таралған объект болып табылады, сонымен қатар осы тұқымдастың көптеген түрлері ауыр металдарға гипертөзімді және көп мөлшерде металдарды аккумуляциялауға қабілетті келеді. *Brassica rapa* L. ауыр металдар гипераккумуляциясын анықтау үшін зерттеу объектісі болып табылды [18]. Зерттеу жүргізу мақсатында құрамында мыс иондары бар ортада *Brassica rapa* L. өсімдігі өсіріліп, 4 күндік өскін алынды.

Зерттеу жүргізу барысында *Brassica rapa* L. өсімдігінің 4 күндік өскіні мен тұқымнан жарып шыққан жапырағындағы ауыр металдарға өсімдіктің қорғаныс жауап реакциясы ретінде полиаминдердің рөлін анықтау үшін путресцин, спермидин және спермин құрамы зерттелді, зерттеу нәтижесі бойынша жалпы экспозициялық уақытына және ортадағы мыстың құрамына тәуелді екендігі анықталды [19].

Соңғы жылдардағы көптеген зерттеулер нәтижесі бойынша өсімдіктердегі полиаминдер әртүрлі стрестерге: жоғарғы және төменгі температура, тұздану, құрғақшылық, гиперосмос, гипоксия және атомосфералық ластанудан қорғайды деп тұжырымдама жасалған [20, 21, 22].

Полиаминдер-репликация процессіне, транскрипция және трансляцияға, мембрананы тұрақтандыруға, ферменттер белсенденділігін арттыруға, экспресстік геномға және өсімдіктердің өсуі мен дамуына тікелей әсер ететіндігі анықталған [23, 24, 25].

Қорыта келе, полиаминдер сыртқы ортаның әсерінен болатын әртүрлі қолайсыз жағдайлардан, сонымен қатар құрғақшылық, тұздану, төмен температура және озон әсерінен туындайтын биомолекулалардың зақымдануынан сақтайды. Өндірістік қалдықтардың шамадан тыс көбею салдарынан ауырметалл қалдықтарымен ластанған аймақта өсетін өсімдікке ауыр металдар енгенде, өсімдік бойындағы тұрақтылықты сақтауда әртүрлі қорғаныш жүйелерінің белсенділігі артады, сондай жауап реакцияларының бірі, азоттық құрамды компоненттер өзгерістерінің бірі полиаминдер болып табылады.

Әдебиеттер

- 1 Calston A.W. Polyamine and plant response to stress // The physiology of polyamines (Eds. U.Bachrach, U.M.Heimer). – CRC. Press. Inc Boca Raton, Fla., 2001. – P.99-106.
- 2 Rabe E. Stress physiology: The functional significance of the accumulation of the accumulation of nitrogen-containing compounds // J. Hort. Sci. –1990. – Vol.65. – P. 231-243.
- 3 Flores H.E. Changes in polyamine metabolism in response to abiotic stress // Biochemistry and physiology of poly-amines in plants (Ed R.D. Slocum and H.E. Floris). – CRC. Press. Inc Boca Raton, Fla., 2001. – P.99-106.
- 4 Mahajan S, Tuteja N. Cold, salinity and drought stresses: An overview. Arch Biochem Biophys. 2005; 444:139-158.
- 5 Rengasamy P. World salinization with emphasis on Australia. J Exp Bot. 2006;57:1017–1023. [PubMed]
- 6 Khan NA, Singh S. Abiotic Stress and Plant Responses. IK International. 2008. New Delhi.
- 7 Tuteja N, Sopory SK. Chemical signaling under abiotic stress environment in plants. Plant Signal Beh. 2008; 3:525-536.
- 8 Tuteja N. Mechanisms of high salinity tolerance in plants. Meth Enzymol: Osmosens Osmosignal. 2007;428:419-438.
- 9 Tuteja N. Cold, salt and drought stress. In: Hirt H, editor. Plant stress biology: From Genomics towards System Biology. Germany: Wiley-Blackwell in Weinheim,; 2009. (in press).
- 10 Cohen S.S. A guide to the polyamines.- Oxford University Press. New York, Oxford, 1998-442 p.
- 11 Slocum R.D., Kaur S.R., Galston A. The physiology and Biochemistry of Polyamines in plants // Arch.of Biochem. and Bioph. – 1984. – Vol.235. – №2. – P. 283-303.
- 12 Torget R., Lapi L., Cohen S.S. Synthesis and accumulation of polyamines and S-adenosylmethionine in chinese cabbage infected in turnip yellow mosaic virus // Biochem.Biophys. Res. Commun. – 1979. – Vol.87(4). – P.1132-1139.
- 13 Pegg A.E. Recent advances in the biochemistry of polyamines in eukaryotes // Biochem.J. – 1986. – Vol. 234. – P. 249-262.
- 14 Minocha R., Minocha S.C., Long S.L., Shortle W.S. Effects of aluminum on DNA synthesis, cellular polyamines, polyamine biosynthetic enzymes and inorganic ions in cell suspension cultures of a woody plant *Catharanthus roseus* // Physiol.Plant. – 1992. – Vol.85. – P.415-424.
- 15 Zhou X., Minocha R., Minocha S.C. Physiological responses of suspension cultures

of *Catharanthus roseus* to aluminum: changes in polyamines and inorganic ions // J. Plant. Physiol. – 1995. – Vol.145. – P. 277-284.

16 Eva P.T., Malmberg R.L. Do polyamines have roles in plant development? // Ann Rev. Plant Physiol. Plant Mol.Biol. – 1989. – Vol.40. – P.235-269.

17 D'Agostino L.,Pietro M.,Luccia A.D. Nuclear aggregates of polyamines // IUBMB Life. – 2006. – Vol.58 (2). – P. 213-218.

18 Prasad M.N.V., Stralka K. Physiologi and biochemistry of metal toxicity and tolerance in plants. – Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, 2002. – 432 p.

19 Атабаева С.Д. Действие меди на содержание путрецина у *Brassica rapa* L. // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – 2006. – №11. – С.13-19.

20 Liu J-H, Kitashiba H, Wang J, Ban Y, Moriguchi T. Polyamines and their ability to provide environmental stress tolerance to plants. Plant Biotechnol. 2007; 24:117–126.

21 Garcia-Jimenez P, Just PM, Delgado AM, Robaina RR. Transglutaminase activity decrease

during acclimation to hyposaline conditions in marine seaweed *Grateloupia doryphora* (Rhodophyta, Halymeniaceae) J Plant Physiol. 2007;164:367–370. [PubMed].

22 Syed Sarfraz Hussain, Muhammad Ali, Maqbool Ahmad, Kadambot H M Siddique Polyamines: natural and engineered abiotic and biotic stress tolerance in plants Biotechnology Advances (2011) Volume: 29, Issue: 3, Publisher: Elsevier Inc., Pages: 300- 11. PubMed: 21241790 Available from www.ncbi.nlm.nih.gov

23 Кузнецов Вл.В., Радюкина Н.Л., Шевякова Н.И. Полиамины при стрессе: биологическая роль, метаболизм и регуляция// Физиология растений. – 2006. – 53, №5. – С.658-683.

24 Kuznetsov VI.V., Shevyakova N.A. Polyamines and stress tolerance of plants //Plant Stress. Global Sci. Books-2007. – 1, N1. – P.50-71

25 Paschalidis K.A., Roubelakis-Angelakis K.A. Spatial and temporal distribution of polyamine levels and polyamine anabolism in different organs (Tissues of tobacco plants. Correlations with age, cell division, expansion and differentiation) // Plant Physiol. – 2005. – 138. – P.142-152.

A.C. Нурмаханова, С.Ж. Атабаева, С.С. Айдосова, А.Т. Мамурова

Обзор литературных данных по изучению роли полиаминов в механизме защиты растений, загрязненных тяжелыми металлами

В данной статье приводится обзор литературных данных по изучению роли полиаминов в механизме защиты растений, загрязненных тяжелыми металлами. Полиамины широко распространены в растениях. Они синтезируют белки, ДНК и РНК, а также участвуют в различных физиологических процессах, а именно в делении клетки, формировании цитоскелета, роста корней, эмбриогенеза и созревании семян. При действии абиотических стресс-факторов в растениях происходят различные физиологические изменения и начинают работать защитные механизмы с участием полиаминов.

A.S. Nurmahanova, S.D. Atabaeva, S.S. Aidosova, A.T. Mamurova

Literature data on the role of polyamines in the mechanism of protection of plants under heavy metal pollution

This article provides an overview of the literature on the role of polyamines in the mechanism of protection of plants, heavy metal pollution. Under abiotic stress factors in plants there are various physiological changes. Under the action of stress factors in plants starts protective functions. Polyamines are widely distributed in plants. They synthesize proteins, DNA, mRNA, and to help the reaction. Plant polyamines are involved in various physiological processes, namely, cell division, formation of cytoskeleton, root growth, embryogenesis and seed maturation.